KOREAN J. POSTHARVEST SCI. TECHNOL.
Vol. 8. No. 3, pp.338~344 (2001)

TLC를 이용한 가열우지중 콜레스테롤 산화생성물의 분리 및 확인

장영상 · 양주홍*
중부대학교 식품생명공학과 및 인삼약초 · 바이오식품연구센터, *한국식품공업협회

Isolation and Identification of Cholesterol Oxidation products in heated tallow by TLC

Young-Sang Chang and Joo-Hong Yang*
Department of Food & Bio Technology and Ginseng · BioFood Research Center, Joongbu University, Geumsan 312-702, Korea
**Korea Food Industry Association, Seoul 137-060, Korea*

Abstract

The oxidative stability of cholesterol in tallow heated at different frying temperatures (130℃, 150℃, and 180℃) was studied by identifying cholesterol oxides by thin layer chromatography(TLC). And fatty acid compositions in tallow heated were also measured and compared with cholesterol oxides. Unsaturated fatty acid contents slightly decreased as the heating time increased, whereas saturated fatty acid contents increased. This phenomenon became excessive especially by heating to higher temperature. It was found that RF value and spot color of the nonsaponifiable lipids from tallow heated on TLC analysis accorded with the synthetic cholesterol oxides in this experiment. Four kinds of cholesterol oxides were detected in tallow heated for 24 hours at three different temperatures. The oxides were identified as 7-α-hydroxycholesterol, 7-β-hydroxycholesterol, 7-ketocholesterol and cholesterol epoxide. It was found that there was a little difference in oxidative pattern of cholesterol between several heating temperatures.

Key words : tallow, cholesterol, cholesterol oxidation product, fatty acid

서 론

우지(beef tallow)는 소의 지방조직으로부터 채취한 기름으로 식용에 적합하도록 처리한 것으로 대표적인 동물성 유지로서 가공식품의 튀김유로 많이 사용되고 있다.

식용유지를 높은 온도로 가열하면 일반적으로 산화반응, 중합반응 및 가수분해반응 등이 동시에 일어난다. 이로인하여 유지는 Flavor, 외관 및 영양가등의 변화가 수반되고 때로는 독성 물질이 생성되기도 한다(1,2). 또한 튀김유의 산화안정성을 유지하기 위하여 가공조건의 설정이 필요할 것이다.

튀김 조작시에 튀김식품은 유지를 흡수하게 되므로 신선한 유지를 보충해 주는 fat turnover 과정이나 potato chip의 튀김과 같이 연속적으로 튀기는 형태와 가정이나 식당과 같이 간헐적으로 튀기는 temperature cycling 형태에 따라서 유지의 안정성이 다르게 된다(3,4). 또한 유지의 강한 국부적 가열과 같은 heating system이 튀김에 사용된 유지의 변질에 영향을 미칠 수 있다(2).

Corresponding author : Young-Sang Chang, Department of Food & Biotechnology, Joongbu University, Geumsan 312-712, Korea
E-Mail : yschang@joongbu.ac.kr

따라서 튀김시 유지는 공기의 존재하에서 오랫동안 고온에서 노출되므로 가열 및 산화적 분해 반응에 의해 휘발성 및 비휘발성의 분해 산물이 생성된다. 그런데 이러한 분해산물은 인체에 좋지 않은 영향을 미칠 수도 있는 것으로 알려져 있으며 가열 유지의 생물학적 영향을 평가하기 위한 많은 연구가 행해지고 있다(5).

콜레스테롤은 모든 동물조직의 세포, 특히 근육, 뇌 및 신경조직, 담즙, 혈액등에 많이 분포되어 있는 주된 스테롤(sterols)로서, 일반적으로 육류중에 0.1-0.4%, 어유중에 1.0-1.5%, 식용우지 중에 0.15-0.2%함유하고 있다(6).

콜레스테롤은 화학적으로 cyclopentanoperhydrophenanthrene의 고리구조로 된 탄소수 27개의 중성지방질로서 하나의 이중결합을 갖고 있다. 따라서 콜레스테롤은 불포화지방산의 경우와 같이 공기중에 노출되거나, 고온· 광선· 금속등에 의하여 쉽게 산화되어 각종 콜레스테롤 산화생성물(cholesterol oxidation product)을 형성한다(7).

콜레스테롤 산화에 관한 연구를 보면 Smith 등(8)은 12년간 저장한 콜레스테롤을 TLC(Thin Layer Chromatography)에 의하여 약 30개의 산화물을 분리하였고, 또한 Horvath(9)는 건조공기중에 저장한 콜레스테롤로부터, Fioriti와 Sims(10)는 호박색병에 수년간 저장하여 가열이나 자외선을 조사하여, Chicoye등(11)은 70-80℃, 6시간 가열 콜레스테롤의 Sodium stearate 분산액으로부터 TLC를 이용하여 Cholestane-triol 과 Cholesta-3,5-dien-7-one, Cholesterol α-epoxide 및 Cholesterol β-epoxide를 각각 분리 확인 하였다. 그러나 이들 콜레스테롤 산화생성물들 중 어떤 것은 동물실험에 의하여 세포독성, 혈관독성, 돌연변이 유발성 및 발암성 등 생물학적으로 바람직하지 못한 작용을 나타낸다(12-15).

따라서 최근 콜레스테롤을 많이 함유하고 있는 버터와 치즈등의 낙농제품(16,17) 난황과 난백등의 난제품(18), 유지 및 가공식품등(19,20)을 가공저장하는 동안에 생성되는 콜레스테롤 산화생성물에 관하여 연구보고 되고 있다. 그러므로 튀김온도를 달리하여 TLC에 의한 콜레스테롤 산화물을 분리 확인 할 필요가 있을 것이다.

본 연구에서는 식용우지를 130, 150 및 180℃ 온도에서 일정시간 가열할 때 생성되는 콜레스테롤 산화생성물을 TLC에 의하여 분리 확인하고 또한 지방산 조성의 변화를 측정하여 가공식품의 품질개선에 기초자료로 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용한 우지는 국내 S 유지회사에서 정제하여 산화방지제가 첨가되지 않았으며, 시료로 사용한 정제우지는 산값 0.05, 과산화물값 0.32, 요오드값 49.6, 지방산 조성은 palmitic acid 25.9%, stearic acid 15.1%, 및 oleic acid 43.2%을 나타내었다.

콜레스테롤 산화물의 표준품

각종 콜레스테롤 산화물의 표준품중 5-cholesten-3β-ol(cholesterol); 5α-cholestane; 20α-hydroxycholesterol; 25-hydroxycholesterol; 7-ketocholesterol; 5-cholestane-3β, 5α, 6β-triol; 5-cholestane-3β, 5β, 6α-triol; 4-cholesten-3-one; 5α-cholestan-3-one; 5-cholesten-3-one은 Sima회사(ST.Louis, MO, U.S.A.)에서 구입하였으며, 4β-hydroxycholesterol; 7α-hydroxycholesterol; 7β-hydroxycholesterol; 3,5-cholestadien-7-one; cholesta-3,5-dien; cholesterol α-epoxide; cholesterol β-epoxide; cholestane-3β, 5α-diol-6-one은 Steraloids회사(Wilton, NH, U.S.A.)에서 각각 구입하여 본 실험에 사용하였다.

전처리 방법

식용우지를 튀김기에 넣고 일정온도와 시간으로 가열하면서 매일 300g 씩 Sampling하여 N_2가스 충진 후 냉장고에 보관하면서 분석시료로 사용하였다. 이때 가열조건은 Frier는 Hi-temp. bath(Joy Sci. co. korea), 시료는 우지(beef tallow) 8kg, 가열온도 130, 150, 180℃, 가열시간 1일 10시간씩 (총 240시간)으로 신유는 첨가하지 않았다.

지방산의 분석

각 시료의 지방산 조성은 GLC(5790A, Hewlett-Packard, U.S.A.)에 의하여 분리, 정량하였다. 이때 지방산의 메틸에스테르는 12.5% BF_3-MeOH를 사용하여 Morrison과 Smith(21)의 순서에 따라 만들었다. 분석조건은 FID를 이용하여 유리컬럼(6*ft* × 2㎜)에 10% DEGS를 입힌 100~120mesh chromosorb WHP를 충진하고, 관의 온도를 190℃로 하고 질소를 운반기체로 하여 매분당 40㎖의 속도로 용출하였다. 이때 시료 주입구와 검출기의 온도는 각각 230℃와 250℃로 하였다. 도표지에

나타난 각 봉오리는 표준 지방산의 메틸에스테르(Supelco Co., U.S.A.)의 머무름 시간과 비교하여 확인하였으며, 각 봉오리의 면적은 기기에 연결된 적분계(3390A, Hewlett-Packard, U.S.A.)에 의하여 구한 다음 총 지방산에 대한 백분율로 나타내었다.

불검화물의 분리

콜레스테롤과 그 산화물의 추출은 Itoh 등의 방법(22)에 따라 시료우지를 비누화한 후 추출하여 비비누화물을 분리하였다.

즉, 시료유지 5g 에 1N-methanolic KOH 50㎖를 가하여 heating mantle에서 1시간 동안 환류시킨 후 isopropyl ether로 비비누화물을 추출한 다음 증류수로 세척하고 남아있는 수분을 무수 Na_2SO_4로 제거시킨 후 회전진공증발기(rotary vacuum evaporator)로 용매를 제거하여 비비누화물을 얻었다. 이 비비누화물을 일정량의 ethyl acetate에 녹이고 질소가스로 충진하여 -20℃의 냉동고에 보관하면서 콜레스테롤 산화물의 분석시료로 사용하였다.

Thin-layer chromatography(TLC)의 분석

위에서 분리한 비비누화물 중의 콜레스테롤 산화물의 분리 및 확인은 우선 TLC에 의하였다. 이때 흡착제는 silica gel HF 254를 사용하여 0.5㎜ 두께로 도포한 유리판을 하룻밤 건조시킨 후 120℃에서 2시간 활성화하여 사용하였다.

전개용매는 ethyl acetate-heptane(1:1, V/V)(23)을 사용하여 1차원 전개로 3번 전개한 후, short wave length UV lamp(SL 2357, Black light Eastern Corp., U.S.A)로 암소하에서 Ketocholesterol을 확인하고(24), 50% 황산을 분무하여 120℃에서 10분간 탄화시킨 다음 나타난 반점의 Rf 값과, 같은 조건으로 전개한 콜레스테롤 산화물 표준품의 Rf값을 비교하여 확인하였다. 그리고 나타난 각 반점의 고유한 색깔도 콜레스테롤 산화물을 확인하는데 참고로 하였다.

결과 및 고찰

지방산(Fatty Acid) 조성의 변화

시료를 130℃에서 하루에 10시간씩 240시간을 가열하는 동안 지방산 조성의 변화를 분석한 결과는 Table 1과 같다.

즉, 가열시간의 경과에 따라 포화 지방산의 총함량은 다소 증가하는 경향을 나타낸 반면에 polyunsaturated fatty acid(PUFA)인 linoleic과 linolenic acid의 함량은 다소 감소하는 경향을 나타냈으며, monounsaturated fatty acid(MUFA)인 palmitoleic과 oleic acid의 함량은 거의 변하지 않았다.

시료를 150℃에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안의 지방산 조성의 변화를 분석한 결과는 Table 2와 같다.

즉, 130℃에서 가열하였을 경우와 마찬가지로 가열시간이 경과함에 따라 포화 지방산의 총함량은 증가하는 경향을 나타낸 반면에 PUFA 함량은 상대적으로 감소하였으며, 다만 130℃의 경우와는 달리 150℃에서 가열하였을 때는 MUFA 함량도 다소 감소하는 경향이었다.

Table 1. Effect of heating time on the fatty acid compositions in tallow heated at 130℃

Fatty acid*	Heating time (hours)										
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
Saturated											
12:0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
14:0	3.3	3.3	3.4	3.5	3.5	3.5	3.7	3.5	3.5	3.4	3.4
15:0	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
16:0	25.9	25.9	26.2	26.2	26.0	26.2	26.6	26.8	26.8	26.9	26.9
18:0	15.1	15.1	15.2	15.3	15.2	15.3	15.5	15.8	15.8	15.9	15.8
20:0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	45.9	45.9	46.4	46.6	46.3	46.6	47.5	47.7	47.7	47.8	47.7
Monounsaturated											
16:1	6.2	6.5	6.4	6.3	6.5	6.5	6.4	6.3	6.2	6.6	6.6
18:1	43.2	43.2	43.2	43.2	43.4	43.2	42.6	42.5	42.6	42.3	42.6
Total	49.4	49.7	49.6	49.5	49.9	49.7	49.0	48.8	48.8	48.9	49.2
Polyunsaturated											
18:2	3.5	3.2	3.1	3.0	2.9	2.9	2.7	27	2.7	2.6	2.5
18:3	1.2	1.2	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6
Total	4.7	4.4	4.0	3.9	3.8	3.7	3.5	3.5	3.5	3.3	3.1

* Expressed as weight percent and calculated from peak areas of the gas-liquid chromatograms. Fatty acids are expressed as number of carbon : number of double bonds.

한편, 시료를 180℃에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안의 지방산 조성의 변화를 분석한 결과는 Table 3과 같다. 이 경우에는 150℃에서 가열하였을 때와 마찬가지로 전체적인 포화 지방산의 함량은 증가하는 경향을 나타낸 반면에 MUFA 와 PUFA의 함량은 감소하는 경향을 나타냈으며, 이러한 변화는 150℃에서 가열했을 때보다 180℃로 가열했을 때가 더 심하게 나

타났다. 이상과 같은 지방산 조성의 변화는 장 등(3) 실험의 요오드값의 변화와 잘 일치되었다.

Table 2. Effect of heating time on the fatty acid compositions in tallow heated at 150℃

Fatty acid*	Heating time (hours) 0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
Saturated											
12:0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
14:0	3.3	3.3	3.3	3.3	3.5	3.3	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4
15:0	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
16:0	25.9	26.0	26.5	26.8	27.4	26.8	27.3	27.5	27.7	28.0	28.4
18:0	15.1	15.4	15.3	15.1	15.1	15.7	15.3	15.7	15.8	16.1	16.3
20:0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	45.9	46.5	46.9	46.9	47.7	47.5	47.6	48.3	48.6	49.2	49.8
Monounsaturated											
16:1	6.2	6.1	6.2	6.1	6.3	6.3	6.2	6.3	6.3	6.2	6.2
18:1	43.2	42.7	42.5	42.9	42.0	42.4	42.7	42.2	42.0	41.9	41.5
Total	49.4	48.9	48.7	49.0	48.3	48.7	48.9	48.5	48.3	48.1	47.7
Polyunsaturated											
18:2	3.5	3.4	3.3	3.1	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	1.9	1.7
18:3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8
Total	4.7	4.6	4.4	4.1	4.0	3.8	3.5	3.2	3.1	2.7	2.5

* Expressed as weight percent and calculated from peak areas of the gas-liquid chromatograms. Fatty acids are expressed as number of carbon : number of double bonds.

Table 3. Effect of heating time on the fatty acid compositions in tallow heated at 180℃

Fatty acid*	Heating time (hours) 0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
Saturated											
12:0	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
14:0	3.3	3.3	3.3	3.5	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7
15:0	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
16:0	25.9	26.3	26.7	27.3	28.2	27.9	28.3	28.8	28.8	29.0	29.8
18:0	15.1	15.0	15.6	14.9	15.4	15.6	15.9	16.1	16.2	16.6	16.9
20:0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	45.9	46.3	47.3	47.5	48.9	48.8	49.6	50.4	50.5	51.1	52.2
Monounsaturated											
16:1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.0	6.2	6.3	6.2	6.2	6.2	6.2
18:1	43.2	43.1	42.6	42.7	42.0	42.1	41.4	40.9	40.9	40.5	39.7
Total	49.4	48.3	48.9	49.0	48.0	48.3	47.7	47.1	47.1	46.7	45.9
Polyunsaturated											
18:2	3.5	3.4	3.0	2.7	2.4	2.3	2.1	1.9	1.8	1.7	1.4
18:3	1.2	1.0	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5
Total	4.7	4.4	3.8	3.5	3.1	2.9	2.7	2.5	2.4	2.2	1.9

* Expressed as weight percent and calculated from peak areas of the gas-liquid chromatograms. Fatty acids are expressed as number of carbon : number of double bonds.

불검화물의 TLC상 패턴

Fig. 1 은 몇가지 콜레스테롤 산화물의 표준품과 본 실험에 사용한 몇가지 시료로부터 추출한 비비누화물을 TLC에 의하여 분리한 크로마토그램이다. 시료 중에 나타난 반점은 콜레스테롤 산화물의 표준품이 나타낸 반점의 Rf값과 그 고유한 색깔로부터 각각 확인할 수 있었다. 그 결과를 종합하여 Table 4에 나타내었다.

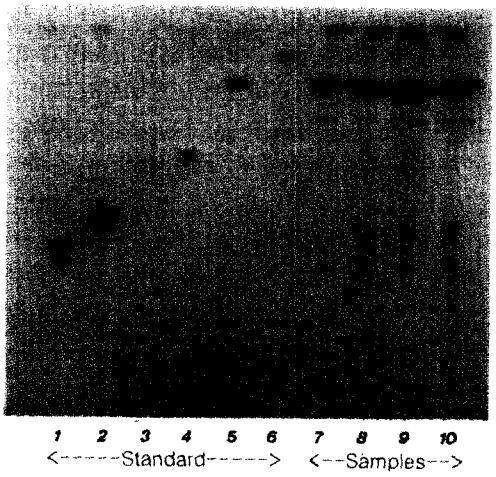

Fig. 1. Thin-layer chromatogram of the synthetic cholesterol oxides and the nonsaponifiable lipids from some tallow samples used in this experiment.
1. 7α-Hydroxycholesterol
2. 7β-Hydroxycholesterol
3. 7-Ketocholesterol
4. Cholesterol epoxide
5. Cholesterol
6. Lanosterol
7. Fresh tallow
8, 9 and 10: Tallow heated for 240 hours at 130℃, 150℃ and 180℃, respectively.

Table 4. Identification of cholesterol oxides isolated from tallow heated samples on TLC analysis

Rf	Spot color*	Tentative identity	Marks
1.00		Solvent front	
0.90	Beige- brown	Lanosterol	A
0.80	Magenta	Cholesterol	B
0.69	Yellow	Unidentified	C
0.60		Cholesterol epoxide	D
0.56	Brown	7-Ketocholesterol **	E
0.43	Blue	7β-Hydroxycholesterol	F
0.34	Blue	7α-Hydroxycholesterol	G

* Color appeared after spraying with 50% H_2SO_4 and heating for 10 min at 120℃.
** 7-Ketocholesterol was detected at 254 nm with short wavegength UV lamp.

콜레스테롤 산화물의 분리 및 확인

시료를 130℃에서 240시간 가열하는 동안 매 24시간마다 채취한 시료로부터 추출한 비비누화물을 TLC에 의하여 분리한 크로마토그램은 Fig. 2와 같다.

즉, 130℃에서 48시간을 가열한 후에는 TLC상에 3개의 반점이 나타났는데, 이 중에서 맨위의 미갈색의 반점(A)은 lanosterol로 확인되었으며, 그 아래의 자주색 반점(B)은 콜레스테롤로 확인되었으나 그 아래의 황색 반점(C)은 확일할 수가 없었다. 72시간 가열한 후에는 이들 3개의 반점외에 2개의 푸른색 반점(F와 G)과 하나의 갈색 반점(D)이 나타났으며, 168시간 가열한 후에는 암소하에서 short wave length UV lamp로 확인한 결과 하나의 형광을 띄는 반점(E)이 나타났는데 이들 각 반점은 가열시간이 경과함에 따라 다소 커지는 경향이었다. 이와 같은 결과는 우지를 130℃에서 가열하였을 때 가열 72시간 후부터 콜레스테롤 산화물이 생성되며, 그 생성량은 가열시간이 경과함에 따라 증가한다는 사실을 나타내 주고 있다. Fig. 2의 TLC상에 나타난 반점 중 2개의 푸른색 반점 (F와 G)은 7β-hycroxycholesterol과 7α-hydroxycholesterol로 확인되었으며, 갈색 반점(D)는 cholesterol epoxide로, 형광을 띠는 반점(E)은 7-ketocholesterol로 각각 확인되었다.

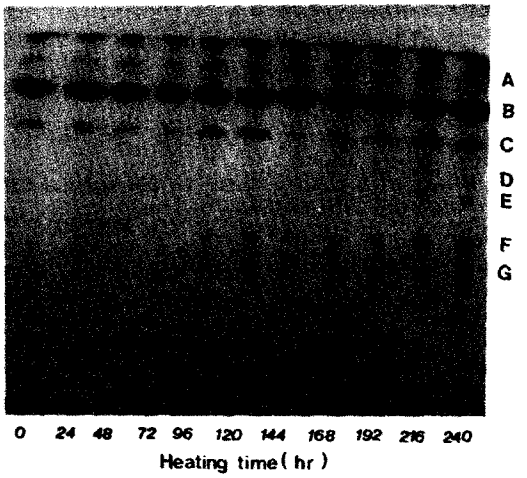

Fig. 2. Thin-layer chromatogram of the nonsaponifiable lipids from tallow heated at 130℃.
A~G : see the legend of Table 4

시료를 150℃에서 240시간을 가열하는 동안 매 24시간마다 채취한 시료로부터 추출한 비비누화물을 TLC에 의하여 분리한 크로마토그램은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 24시간 가열한 후에는 7β-hydroxycholesterol이 확인되었으며, 48시간 가열한 후에는 7α-hydroxycholesterol과 cholesterol epoxide가 확인되었고, 120시간 가열한 후에는 7-ketocholesterol이 확인되었으며, 이들의 각 반점은 가열시간이 경과함에 따라 커지는 경향이었다. 이상과 같은 결과에서 알 수 있듯이 150℃에서 가열하였을 때가 130℃에서 가열하였을 때보다 산화가 더 빨리 일어나 가열온도가 콜레스테롤의 산화에 영향을 미침을 알 수 있었다.

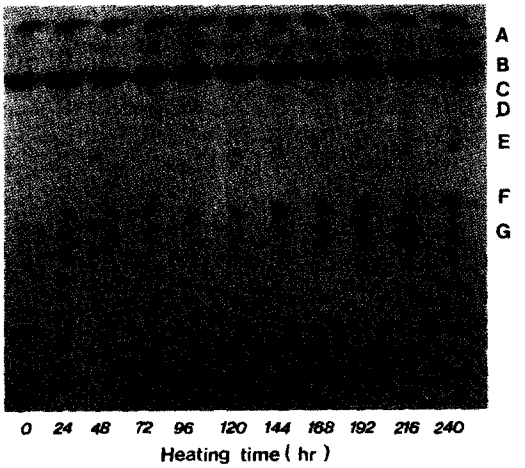

Fig. 3. Thin-layer chromatogram of the nonsaponifiable lipids from tallow heated at 150℃.
A~G : see the legend of Table 4

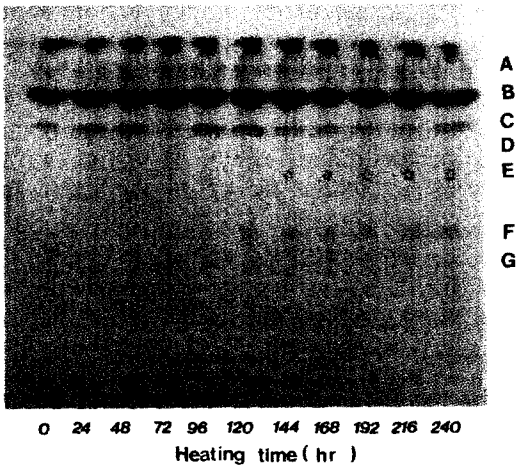

Fig. 4. Thin-layer chromatogram of the nonsaponifiable lipids from tallow at 180℃.
A-G : see the legend of Table 4

Fig. 4는 시료를 180℃에서 240시간 가열하는 동안 매 24시간마다 채취한 시료로부터 추출한 비비누화물을 TLC에 의하여 분리한 크로마토그램이다.

48시간 가열한 후에는 cholesterol epoxide가 확인되었으며, 72시간 가열한 후에는 7β-hydroxycholesterol과 7-α-hydroxycholesterol이 확인되었고, 144시간 가열한 후에는 7-ketocholesterol이 확인되었는데, 이러한 결과는 130℃와 150℃에서 가열하였을 때의 콜레스테롤 산화물의 생성순서와 다소 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 180℃에서 가열하였을 경우에는 이들 각 산화물이 가열시간이 경과함에 따라 다소 커지다가 가열 240시간후에는 오히려 다소 감소하는 경향이었다.

따라서 콜레스테롤 산화물의 생성 패턴은 150℃에서 가장 크게 나타났으며 180℃에서는 오히려 150℃에서보다 적게 나타났다. 이러한 현상은 튀김온도에서 콜레스테롤의 산화보다 열분해가 일어나기 때문인 것으로 추측된다. 이와같은 결과는 GLC에 의한 콜레스테롤 산화물의 분리 및 정량에 관한 양등(19)의 보고와도 일치하였다.

본 실험의 시료에서 TLC상으로 확인된 콜레스테롤 산화물은 이상에서 언급한 바와 같이 7α-hydroxycholesterol, 7-β-hydroxycholesterol, 7-ketocholesterol 및 cholesterol epoxide의 4가지였으며, 이들 4가지콜레스테롤 산화물은 가열온도와 가열시간에 따라 생성되는 종류와 그 생성량이 상이함을 알 수 있었다.

이상과 같은 본 실험의 결과는 정제 우지를 180 ± 2℃에서 하루에 8시간씩 300시간을 가열하는 동안의 콜레스테롤 산화물을 본 실험과 같은 방법으로 TLC에 의하여 분석, 보고한 Ryan 등(25)의 결과와 비교적 잘 일치하였다. 또한 분무건조한 난황을 형광등과 햇빛으로 조사한 후 콜레스테롤 산화물을 TLC에 의하여 분리한 Chicoye 등(26)과 포장하지 않은 버터를 형광등으로 조사한 후 콜레스테롤 산화물을 TLC에 의하여 분석, 보고한 Luby 등과 장 등(17,27)의 결과와도 잘 일치하고 있다.

요 약

가열우지중 콜레스테롤 산화안정성을 연구하기 위하여 130, 150 및 180℃가열온도에서 일정시간 가열하였을 때 생성되는 각 종 콜레스테롤 산화생성물을 TLC에 의하여 분리·확인하고, 지방산 조성의 변화를 측정하였다.

지방산 조성은 가열시간이 경과함에 따라 linoleic과 linolenic acid등의 불포화 지방산은 약간씩 감소한 반면 포화지방산의 함량은 다소 증가하는 경향이었고, 이러한 변화는 가열온도가 높을수록 심하였다. 추출한 비비누화물의 반점과 Rf값은 콜레스테롤 산화물의 표준품들과 일치함을 확인 할 수 있었다. 또한 TLC상으로 확인된 콜레스테롤 산화물은 7-α-hydroxycholesterol, 7-β-hydroxycholesterol, 7-ketocholesterol 및 cholesterol epoxide의 4가지였으며, 이들 4가지 콜레스테롤 산화물은 가열온도와 가열시간에 따라 생성되는 종류와 그 생성량이 상이함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 중부대학교에서 시행한 학술연구개발비 지원에 의한 연구결과로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Fritsch, C.W. (1981) Measurments of frying fat deterioration. : A brief review. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **58**, 272-274
2. Artman, N.R. (1969) The chemical and biological properties of heated and oxidized fats. *Adv. Lipid Res.*, **7**, 245-330
3. 장영상, 양주홍 (2001) 상이한 튀김조건에 따른 가열우지의 산화안정성, 농산물저장유통학회지, **8**, 331-337
4. Perkins, E.G. and Van Akkeren, L.A. (1965) Heated fats. IV. Chemical changes in fats subjected to deep fat frying processes; Cottonseed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **42**, 782-785
5. Alexander, J.C. (1978) Biological effects due to changes in fats during heating. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **55**, 711-717
6. Feeley, R.M., Criner, P. E. and Watt, B. K. (1972) Cholesterol content of foods. *J. Am. Diet. Assoc.*, **61**,

134-140

7. Smith, L.L. (1981) Cholesterol Autoxidation. Plenum Press, New-York, p. 125-197
8. Smith, L.L., Matthews, W.S., Price, J.C., Bachmann, R.C. and Reynolds, B. (1967) Thin-layer chromatographic examination of cholesterol autoxidation. *J. Chromat.*, **27**, 187-205
9. Horvath, C. (1966) Quantitative determination of cholesterol in autoxidation mixtures by thin-layer chromatography. *J. Chromat.*, **22**, 52-59
10. Fioriti, J.A. and Sims, R.J. (1967) Autoxidation products from cholesterol. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **44**, 221-224
11. Chicoye, E., Powrie, W.D. and Fennema, O. (1968) Isolation and characterization of cholesterol-5β, 6β-oxide from an aerated aqueous despersion of cholesterol. *Lipids*, **3**, 335-340
12. Peng, S.K., Taylor, C.B., Tham, P., Werthessen, N. T. and Mikkelson, B. (1978) Effect of auto oxidation products from cholesterol on aortic smooth muscle cells. *Arch. Pathol. Lab. Med.*, **102**, 57-61
13. Tokuyasu, K., Imai, H., Taura, S., Cho, B.H. S. and Kummerow, F. A. (1980) Aortic lesion in nonlaying hens with endogenous hyperlipidemia. *Arch. Pathol. Lab. Med.*, **104**, 41-45
14. Smith, L.L. , Smart, V.B., and Ansari, G.A.S. (1979) Mutagenic cholesterol preparations. *Mutation Res.*, **68**, 23-30
15. Bischoff, F. (1963) Carcinogenesis through cholesterol and derivatives. *Progr. Exp. Tumor Res.*, **3**, 412-444
16. Finocchiaro, E.T., lee, K. and Richardson, T. (1984) Identification and quantification of cholesterol oxides in grated cheese and bleached butteroil. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **61**, 877-883
17. 장영상, 양주홍, 신효선 (1990) 상이한 조건에서 저장한 버터로부터 생성된 콜레스테롤 산화물의 양적 변화, 한국식품과학회지, **22**, 767-773
18. Tasi, L.S. and Hudson, C.A. (1985) Cholesterol oxides in commercial dry egg products : Quantification. *J. Food Sci.*, **50**, 229-231
19. 양주홍, 김종승, 신효선 (1994) 튀김온도에서 가열한 우지중의 콜레스테롤 산화생성물, 식품위생안정성학회지, **9(4)**, 199-203
20. 이정일, 강석남, 변준석, 이무하 (1998) 식품의 콜레스테롤 산화물질 분리 및 정량, 한국축산학회지, **40**, 529-538
21. Morrison, W.R. and Smith. L.M. (1964) Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J. Lipid Res.*, **5**, 600-608
22. Itoh, T., Tamura, T. and Matsumoto, T. (1973) Methylsterol compositions of 19 vegetable oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **50**, 300-303
23. Luby, J.M., Gray, J.I. , Harte, B.R. and Ryan, T.C. (1986) Photooxidation of cholesterol in butter. *J. Food Sci.*, **51**, 904-910
24. Smith, L.L. and Price, J.C. (1967) Detection of 7-ketocholesterol in oxidized sterol preparations. *J. Chromat.*, **26**, 509-511
25. Ryan, T.C., Gray, J.I. and Morton, I.D. (1981) Oxidation of cholesterol in heated tallow. *J. Sci. Food Agric.*, **32**, 305-308
26. Chicoye, E., Powrie, W.D. and Frnnema. O. (1968) Photoxidation of cholesterol in spray-dried egg yolk upon irradiation. *J. Food. Sci.*, **51**, 581-587
27. Luby, J.H., Gray, J.I. and Harte, B.R. (1986) Effects of packaging and light source on oxidative stability of cholesterol in butter. *J. Food Sci.*, **51**, 908-913

(접수 2001년 5월 25일)